



Глава 4

Рабочие листы

| | | |
|-----------------|---|---|
| Рабочий лист К1 | <ul style="list-style-type: none">Гидравлическое подключение панельных радиаторов Logatrend со встроенным вентильным комплектом |  стр. 403 |
| Рабочий лист К2 | <ul style="list-style-type: none">Диаграмма определения гидравлического сопротивления панельных радиаторов Logatrend K-Profil |  стр. 407 |
| Рабочий лист К3 | <ul style="list-style-type: none">Метод расчета радиаторов для однотрубной системы |  стр. 409 |
| Рабочий лист К4 | <ul style="list-style-type: none">Пересчет на другие параметры теплоносителя |  стр. 411 |

**Краткие технические характеристики радиаторов Logatrend VK-K-Profil Buderus****Общие данные:**

1. Размер радиаторов:
 - длина от 400 мм до 3000 мм;
 - высота от 300 до 900 мм;
 - глубина от 65 мм до 155 мм.
2. Подключение радиаторов:
 - VK-Profil - нижнее G %, (DN 20 mm).;
 - K-Profil - боковое G %, (DN 15 mm).,
3. Наружное защитное покрытие радиаторов:
 - грунтовка и порошково-лакокрасочное покрытие с горячей сушкой, цветовой гаммы по таблице цветов RAL, стандартный цвет белый 9016.

Эксплуатационные данные:

1. Тепловая мощность радиаторов:
 - от 172 Ватт до 12 175 Ватт при 90/70/20 °С;
 - от 136 Ватт до 9 630 Ватт при 75/65/20 °С;
 - от 213 Ватт до 15083 Ватт при 95/85/20 °С.
2. Условия эксплуатации радиаторов:
 - от нормальных до влажных помещений.
3. Теплоноситель:
 - вода или гликолевая смесь (при 30% содержания гликоля, без пересчета характеристик).
4. Параметры теплоносителя:
 - температура от +5 °С до +120 °С (кратковременно до +130 °С);
 - давление - рекомендуемое рабочее от 1,0 до 10,0 бар и максимальное кратковременное рабочее - до 11,0 бар, испытательное давление 13,0 бар;
 - допустимое содержание pH от 9 до 10,5 оптимально 9,6;
 - максимально допустимое содержание кислорода (O₂) - ≤ 0,05 мг/л;
 - допустимое содержание щелочи (Ca+Mg) - ≤ 0,02 ммоль/л.;
 - допустимое содержание фосфата (P₀₄) - ≤ 10 мг/л.

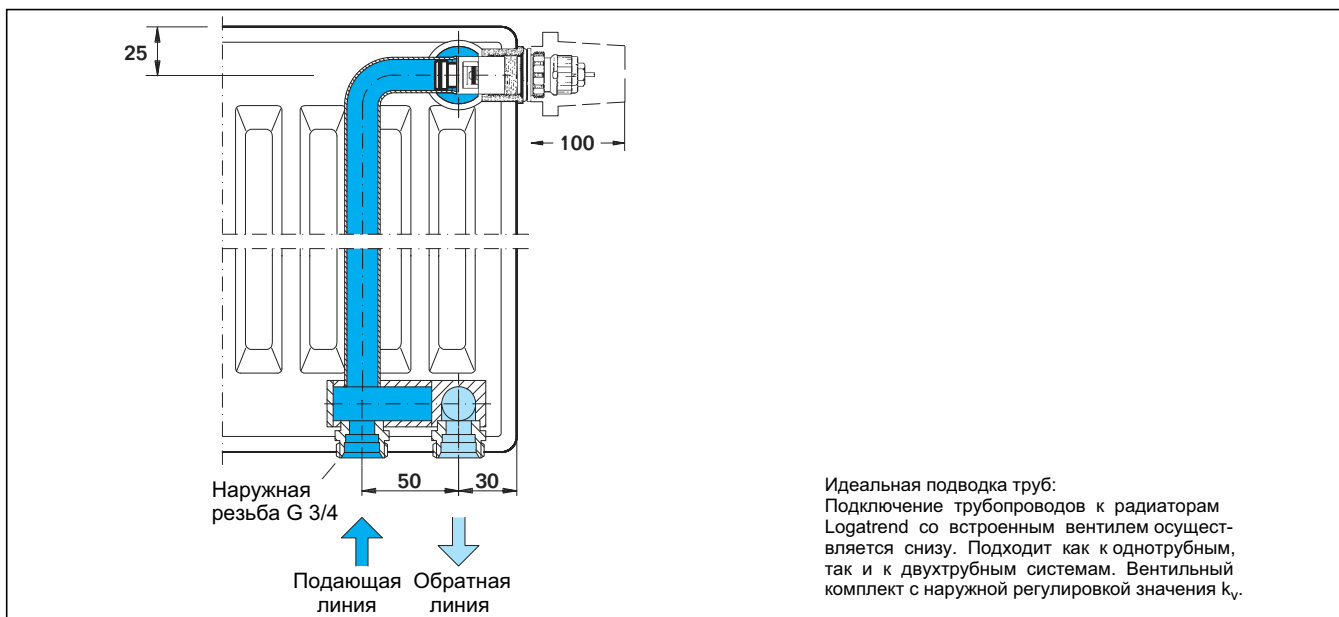
Основные характерные отличия:

- отсутствие лицевой и тыловой стороны у типов 21, 22, 33, что упрощает их монтаж;
- оригинальный дизайн;
- отсутствие горизонтальных поверхностей, на которых собирается пыль, снижающая эффективность радиатора во время эксплуатации.





Панельные радиаторы со встроенным вентилем



Идеальная подводка труб:
Подключение трубопроводов к радиаторам Logatrend со встроенным вентилем осуществляется снизу. Подходит как к однотрубным, так и к двухтрубным системам. Вентильный комплект с наружной регулировкой значения k_v .

Область применения

Для рационального использования отопительных приборов в системах центрального отопления могут применяться панельные радиаторы Logatrend VK-Profil и VK-Plan.

Они могут быть установлены как в двухтрубных, так и в однотрубных системах с принудительной циркуляцией и с избыточным рабочим давлением 10 бар. В однотрубной системе необходимо приме-

нение встроенного вентиля N и однотрубной байпасной присоединительной арматуры. В двухтрубной системе с большим перепадом температур теплоносителя нужно проверить необходимость замены вентиля N в крупных отопительных приборах на вентиль U. Отопительные установки должны эксплуатироваться согласно действующим правилам относительно температуры, давления, химичес-

ких добавок (против отложений и коррозии) и т.д. Следует принимать во внимание материалы, используемые во всей установке (см. Правила VDI 2035 „Защита от коррозии в установках водяного отопления“, Рабочий лист K8).

В системе должен быть смонтирован грязеуловитель для очистки воды от твердых частиц загрязняющих веществ.

Гидравлическое подключение

Предварительная настройка пропускной характеристики k_v

Панельные радиаторы Logatrend VK-Profil и VK-Plan имеют заводское оснащение встроенным вентилем для двухтрубной схемы. Встроенный вентиль имеет резьбовое соединение с отопительным прибором (Danfoss N, 13G0482 или U, 13G0483). Встроенный вентиль имеет наружную плавную регулировку k_v с контрастной цифровой шкалой и сальник. Гидравлическая настройка может быть выполнена без применения инструментов. Встроенный вентиль имеет заводскую установку на показание „N“. Необходимое значение k_v можно просто и точно установить на вентиле без использования инструмента.

По вычисленной в гидравлическом расчете трубопровода пропускной характеристике k_v определяется цифра настройки на шкале вентиля. Этот показатель определяется по номограмме или таблице (см. стр. 305 или стр. 306). Настройка может быть выполнена бесступенчато между цифрами 1 и 7. Предварительная настройка k_v может быть изменена во время работы отопительной установки. Значения k_v приведены также в форме набора данных для вентилях в программе расчета по VDI 3805.

Номограмма значений k_v / цифры на шкале

В гидравлическом расчете трубопроводной сети определяется k_v и по нему - предварительная настройка вентиля на каждом отопительном приборе. Значение k_v определяется по номограмме (см. стр. 305 и 306), в основе которой лежит математическая зависимость:

$$\Delta p_2 = \left(\frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1} \cdot \sqrt{\Delta p_1} \right)^2 = \left(\frac{\dot{V}_2}{k_v} \right)^2$$

где:

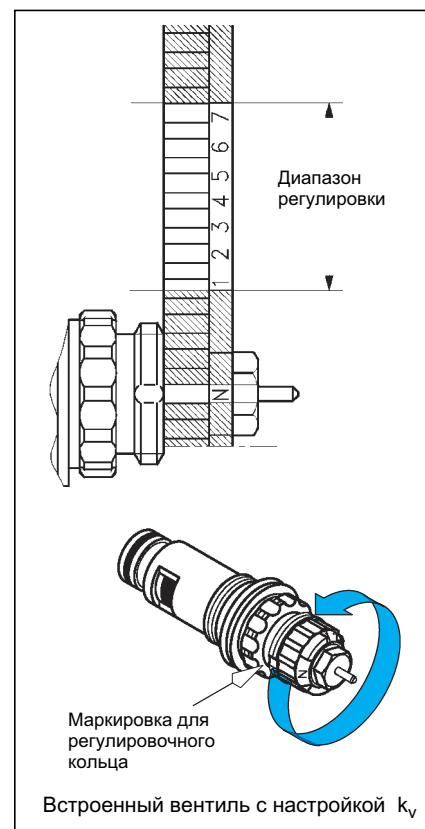
Δp_1 = бар

Δp_2 = потери давления отопительного прибора со встроенным термостатическим вентилем, бар

\dot{V}_1 = значение k_v (например, 0,8), м³/ч

\dot{V}_2 = расход воды, проходящей через отопительный прибор, рассчитывается из тепловой мощности и разницы температур в подающей и обратной линиях, м³/ч

Для небольших установок можно воспользоваться упрощенным ориентировочным определением k_v по таблицам на стр. 305 и 306. В соответствии с тепловой мощностью отопительного прибора и перепадом температур можно определить значения k_v и цифры настройки на шкале ($\Delta p = 0,1$ бар).



**Термостатические головки (датчики)**

Исполнение встроенного вентиля позволяет произвести непосредственный монтаж термостатических головок следующих производителей:

Buderus

Danfoss, серия RA 2000, RAW

Oventrop Uni LD

Heimeier VK

MNG Thera DA

Для установки других изделий нужно использовать соответствующие переходники, которые приобретаются у производителей термостатических головок.

Радиаторы поставляются со встроенным вентилем, на котором стоит пластмассовая крышка, защищающая его во время строительных работ. Возможна работа вентиля без датчика. В дальнейшем настройку температуры и регулирование производит соответствующая термостатическая головка.

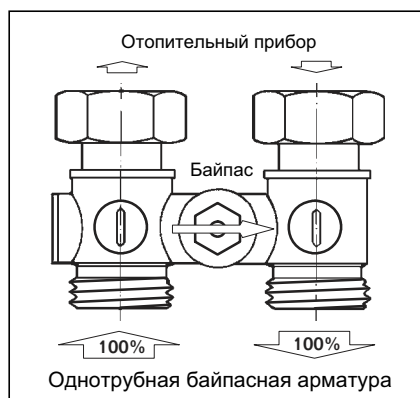
Подключение к трубопроводной сети

Подключение имеет наружную резьбу G 3/4, что является большим преимуществом при монтаже, например, резьбовые соединения с зажимным кольцом и арматура могут быть смонтированы непосредственно без уплотнения. Расстояние между подключениями подающей и обратной линий составляет 50 мм. Благодаря различным узлам подключения с резьбовыми соединениями с зажимным кольцом, возможно использование медных труб, труб из малоуглеродистой стали и пластмассовых труб. Подключение производится снизу, поэтому визуально получается идеальная подводка труб.

При использовании тонкостенных мягких труб необходима установка защитных гильз. Следует обязательно соблюдать указания по монтажу фирмы-изготовителя труб.

Однотрубная система

Панельные радиаторы Logatrend со встроенным вентильным комплектом являются универсальными для применения в однотрубной системе. Для этого монтируется однотрубная арматура со встроенным регулируемым байпасом. На однотрубных установках применяются только встроенные вентили N, которые работают в позиции "N". В однотрубной байпасной арматуре регулировкой байпасного шпинделя настраивается пропорциональное распределение циркулирующей воды и, таким образом, настраивается требуемый для радиатора расход. Однотрубная кольцевая обвязка должна применяться только в тех отопительных приборах, суммарная мощность которых не превышает 12 кВт.



Для настройки потока через радиатор от общего весового расхода воды (пропорциональное распределение) следует пользоваться номограммой для однотрубной системы.

Для достижения нужного распределения воды расход через радиатор должен быть вычислен математически и согласован с реальной мощностью отопительного прибора.

Для настройки правильной циркуляции воды в радиаторе нужно открывать или закрывать байпас регулировочным шпинделем. Распределение воды зависит от:

- сопротивления отопительного прибора с вентильным комплектом и однотрубной байпасной арматурой,
- от давления насоса и давления в системе

Расход воды, который должен проходить через отопительный прибор, настраивается по диаграмме, для чего увеличивается или уменьшается сопротивление байпаса при повороте его шпинделя. Для хорошей работы однотрубной системы необходимо особенное внимание уделять всем этапам от проектирования до наладки.

В зависимости от конфигурации трубопровода в него могут быть установлены как проходные (Dgf), так и угловые (Eckf) запорные узлы подключения однотрубного байпаса.

Однотрубная байпасная запорная арматура имеет при этом два преимущества:

Возможность применения в качестве перемычки, если отопительный прибор должен быть установлен позже

Возможность перекрытия подачи воды в отопительные приборы из трубопроводной сети, если они должны быть временно отключены и/или демонтированы

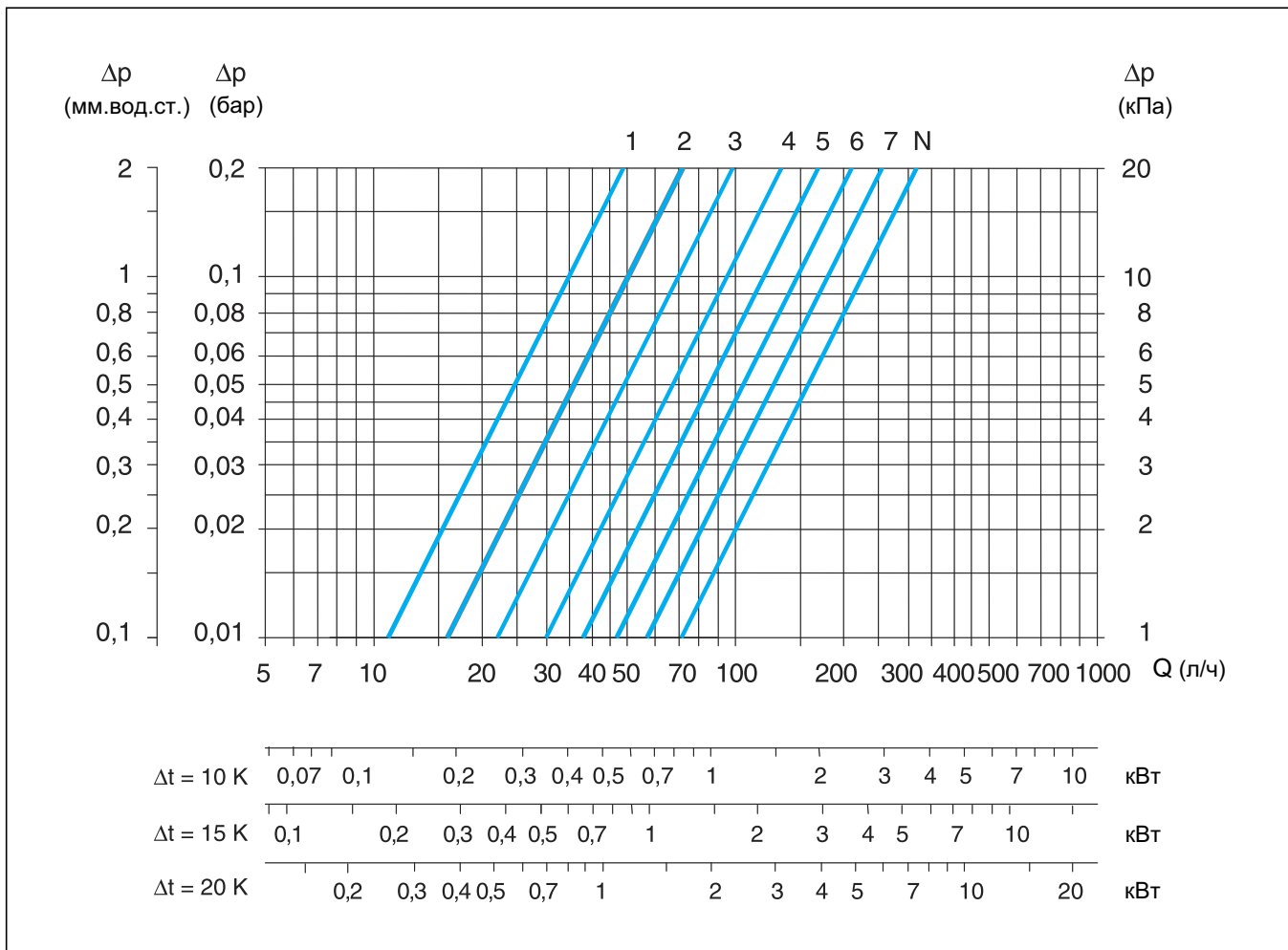
Дальнейшая информация по однотрубной системе приведена на стр. 308, Рабочий лист К3.

Потери тепла при закрытом вентиле

В однотрубной установке возникают тепловые мосты, которые образуются из-за воды, проходящей через байпас. Поэтому в однотрубной системе при закрытом термостатическом вентиле отопительного прибора возможно незначительное подтапливание из-за наличия теплового потока в байпасе.



Характеристики встроенного вентиля „N“ с термостатической головкой Danfoss RA (газовый датчик)



Номограмма значений k_v для двухтрубной системы

Цифры на шкале и значения k_v встроенного вентиля „N“ с термостатической головкой Danfoss RA

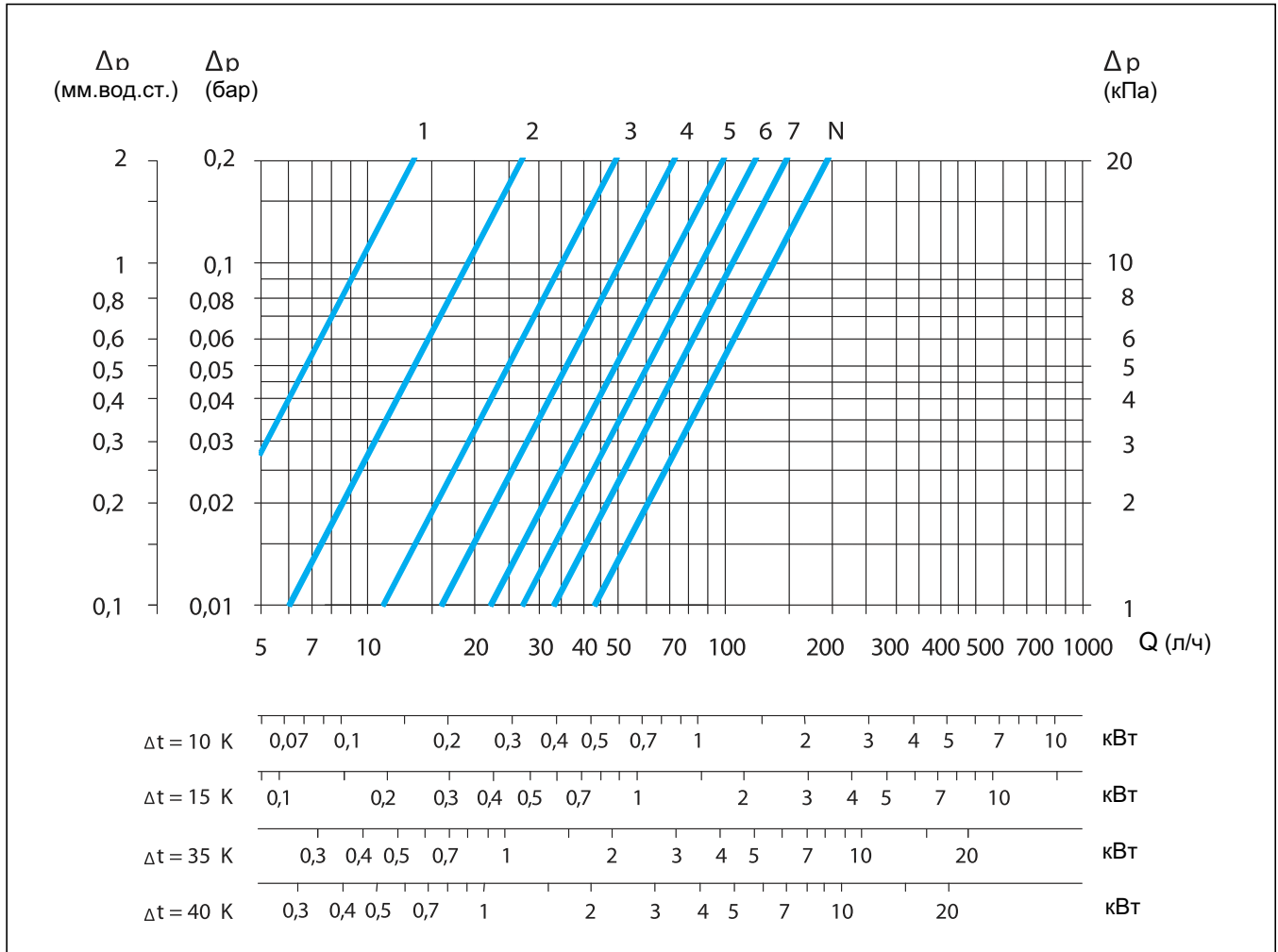
| Цифра на шкале | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | N | |
|--|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Значение k_v | 0,11 | 0,16 | 0,22 | 0,30 | 0,38 | 0,47 | 0,57 | 0,71 | |
| Отклонение ΔP | 0,5 | 0,6 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | |
| Максимальная тепловая мощность радиатора в Вт при $\Delta p = 0,1$ бар | $\Delta t = 10 \text{ K}$ | 400 | 580 | 800 | 1100 | 1390 | 1720 | 2090 | 2600 |
| | $\Delta t = 15 \text{ K}$ | 600 | 880 | 1210 | 1650 | 2090 | 2580 | 3130 | 3910 |
| | $\Delta t = 20 \text{ K}$ | 800 | 1170 | 1610 | 2200 | 2790 | 3450 | 4180 | 5210 |

Цифры на шкале и значения k_v встроенного вентиля „N“ с жидкостным датчиком

| Цифра на шкале | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | N | |
|--|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Значение k_v | 0,09 | 0,14 | 0,21 | 0,28 | 0,36 | 0,44 | 0,54 | 0,67 | |
| Отклонение ΔP | 0,5 | 0,6 | 1,0 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | |
| Максимальная тепловая мощность радиатора в Вт при $\Delta p = 0,1$ бар | $\Delta t = 10 \text{ K}$ | 330 | 510 | 770 | 1020 | 1320 | 1610 | 1980 | 2460 |
| | $\Delta t = 15 \text{ K}$ | 490 | 770 | 1150 | 1540 | 1980 | 2420 | 2970 | 3690 |
| | $\Delta t = 20 \text{ K}$ | 660 | 1020 | 1540 | 2040 | 2640 | 3230 | 3960 | 4920 |



Характеристики встроенного вентиля „U“ с термостатической головкой Danfoss RA

Номограмма значений k_v для двухтрубной системыЦифры на шкале и значения k_v встроенного вентиля „U“ с термостатической головкой Danfoss RA

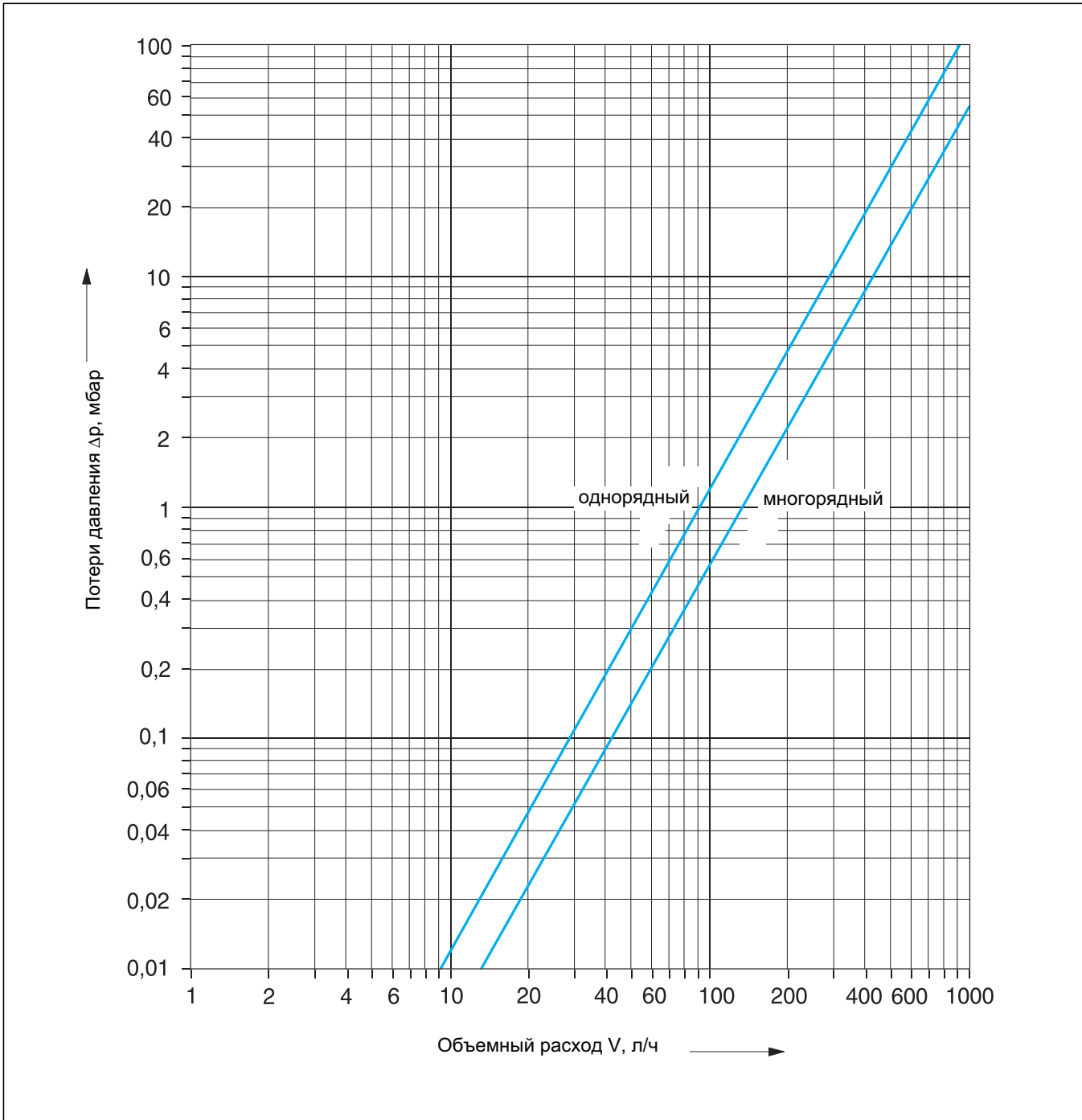
| Цифра на шкале | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | N | |
|--|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Значение k_v | 0,03 | 0,06 | 0,11 | 0,16 | 0,22 | 0,27 | 0,33 | 0,43 | |
| Отклонение ΔP | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | |
| Максимальная тепловая мощность радиатора в Вт при $\Delta p = 0,1$ бар | $\Delta t = 10$ K | 110 | 220 | 400 | 580 | 800 | 990 | 1210 | 1570 |
| | $\Delta t = 15$ K | 160 | 330 | 600 | 880 | 1200 | 1480 | 1810 | 2360 |
| | $\Delta t = 20$ K | 220 | 441 | 800 | 1170 | 1610 | 1980 | 2420 | 3150 |

Цифры на шкале и значения k_v встроенного вентиля „U“ с жидкостным датчиком

| Цифра на шкале | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | N | |
|--|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Значение k_v | 0,03 | 0,06 | 0,11 | 0,16 | 0,21 | 0,25 | 0,30 | 0,38 | |
| Отклонение ΔP | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | |
| Максимальная тепловая мощность радиатора в Вт при $\Delta p = 0,1$ бар | $\Delta t = 10$ K | 110 | 220 | 400 | 580 | 770 | 910 | 1100 | 1390 |
| | $\Delta t = 15$ K | 160 | 330 | 600 | 880 | 1150 | 1370 | 1650 | 2090 |
| | $\Delta t = 20$ K | 220 | 440 | 800 | 1170 | 1540 | 1830 | 2200 | 2790 |



Диаграмма расхода Logatrend K-Profil





Рабочий лист К3 - Метод расчета радиаторов для однотрубной системы

Метод расчета при определении размеров отопительных приборов показан на примере панельного радиатора Logatrend со встроенным вентиляльным комплектом для однотрубной системы. Далее приведены последовательные этапы расчета, сведенные для наглядности в таблицу.

При расчете исходят из разницы температур $\Delta\vartheta_K$ и температуры в подающей линии ϑ_{V_K} отопительного контура.

$$- \Delta\vartheta_K = 15 \text{ K}$$

$$- \vartheta_{V_K} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

- 1 Условием является знание расчетной тепловой нагрузки \dot{Q}_{N_K} на отопительный контур и теплопотребности \dot{Q}_N всех помещений, где установлены радиаторы. Для этого в DIN 4701 приведены расчетные формулы теоретического определения расчетной теплопотребности при нормальных условиях.
- 2 Расчет отопительных приборов начинается с вычисления весового потока воды в отопительном контуре \dot{m}_K в зависимости от расчетной тепловой нагрузки на отопительный контур \dot{Q}_{N_K} , которая складывается из значений расчетной теплопотребности \dot{Q}_N отдельных помещений.
- 3 Тепловая мощность \dot{Q}_{HK} отопительных приборов зависит от расчетной теплопотребности \dot{Q}_N отдельных помещений и от количества установленных в помещениях радиаторов. В примере, в первом и во втором помещениях предусмотрена установка двух радиаторов. Необходимо, чтобы их тепловая мощность \dot{Q}_{HK} покрывала расчетную теплопотребность \dot{Q}_N .
- 4 Общая тепловая мощность \dot{Q}_i отопительных приборов, установленных перед рассматриваемым отопительным прибором i , нужна для определения температуры в его подающей линии $\vartheta_{V_{HK}}$.

5 Предварительно принимается весовой расход x , равный 35 %.

6 Далее идет пересчет процентной доли весового расхода, проходящего через радиатор, от всего потока \dot{m}_K , циркулирующего в отопительном контуре, на абсолютное значение \dot{m}_{HK} в кг/ч.

7 Тепловая мощность \dot{Q}_i отопительных приборов соответствует разнице тепловых мощностей потока теплоносителя в точках 1 и 2 на участке перед рассматриваемым радиатором i . Из баланса мощности в этих точках получается температура подающей линии $\vartheta_{V_{HK}}$ этого отопительного прибора.

8 Рассчитав температуру обратной линии $\vartheta_{R_{HK}}$, все параметры рассматриваемого отопительного прибора будут полностью определены.

9 Температуры воздуха ϑ_L в различных помещениях принимаются равными расчетным температурам в помещениях, применяемым для определения теплопотребности по DIN 4701. В DIN 4701, часть 2 (таб. 2) для полностью отапливаемого здания приводятся следующие значения:

- жилая комната 20 °C
- спальня 20 °C
- кухня 20 °C
- ванная комната 24 °C
- туалет 20 °C
- подсобные помещения 15 °C
- лестничная клетка 10 °C

10 Превышение температуры теплоносителя $\Delta\vartheta$ соответствует фактическому значению для расчетного случая, т. е. для расчетной системной температуры отопительного контура.

11 В формуле для определения коэффициента пересчета F экспонент отопительного прибора $n = 1,3$. Для других типов отопительных приборов экспоненты n надо брать из каталога отопительных приборов, а коэффициенты пересчета нужно рассчитывать.

12 Зная тепловую мощность \dot{Q}_{HK} отопительного прибора при расчетных условиях, можно определить расчетную тепловую мощность при нормальных условиях (системная температура 75/65/20 °C). По расчетной тепловой мощности при нормальных условиях выбирается радиатор в каталоге отопительных приборов. При неизменных геометрических размерах существует возможность, меняя весовой поток теплоносителя, влиять на разницу температур отопительного прибора и на его теплопередающую способность. Расчет нужно повторить, начиная с п. 6, где идет пересчет весового потока в зависимости от его процентной доли ($x_{\text{макс}} = 50 \%$).

13 Потери давления в вентиле Dp_v на отопительном приборе для окончательного весового потока \dot{m}_{HK} отопительного прибора берется по номограмме значений k_v для однотрубной

системы. Для этого нужно пересчитать весовой поток \dot{m}_{HK} в объемный \dot{V}_{HK} . В следующей формуле с достаточной точностью можно принять плотность теплоносителя $\rho = 1 \text{ кг/л}$, т.е. объемный и весовой потоки равны между собой и отличаются только в единицах измерения.

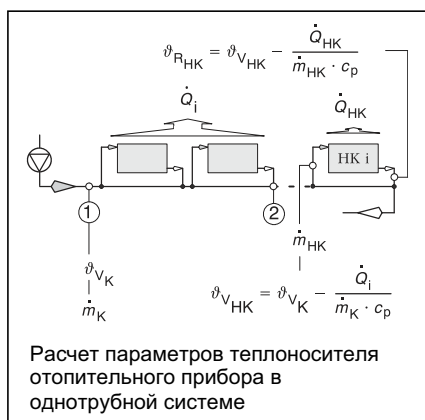
$$\dot{V}_{HK} = \frac{\dot{m}_{HK}}{\rho}$$

где:

\dot{V}_{HK} Объемный поток в отопительном приборе, л/ч

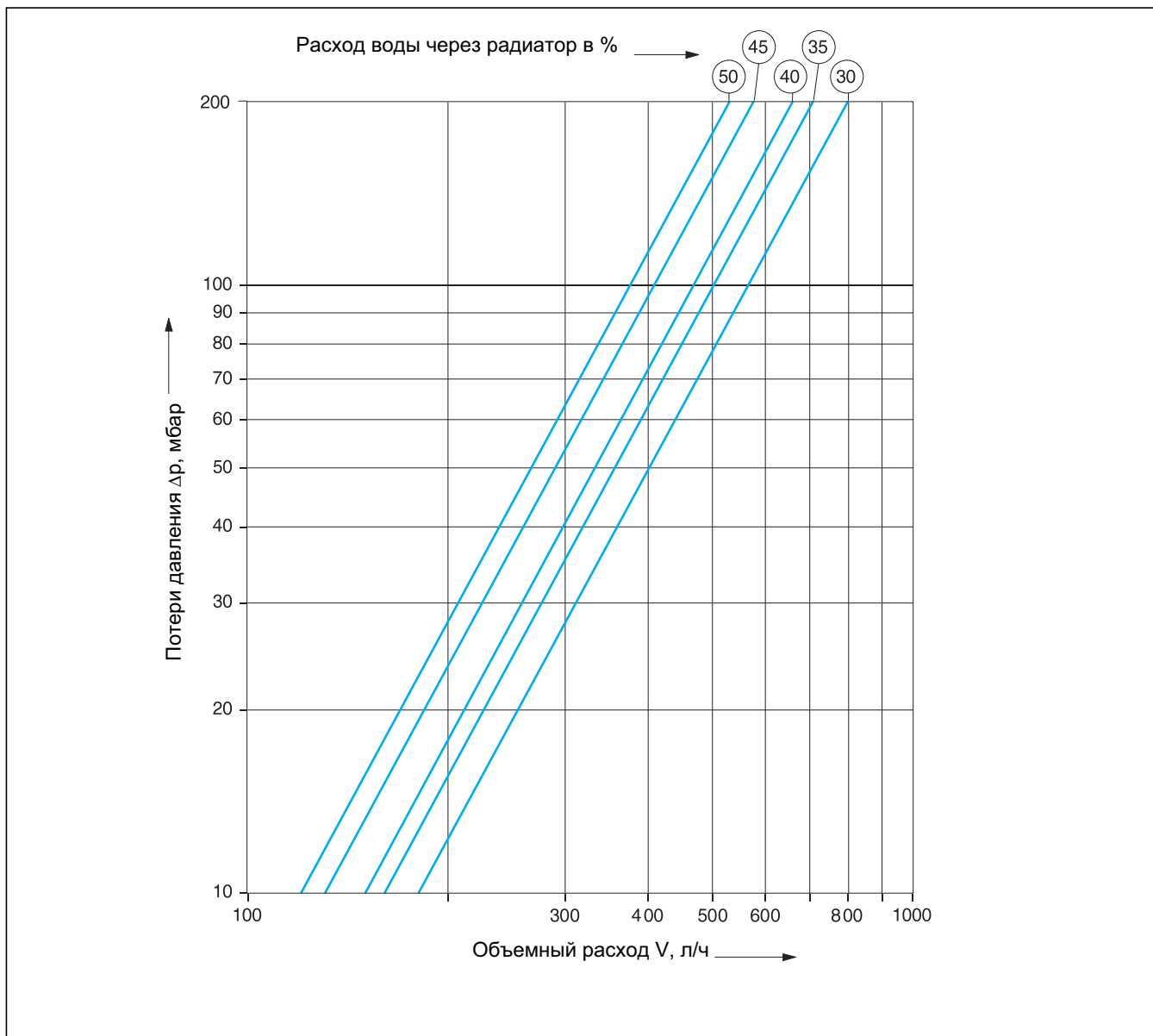
ρ Плотность теплоносителя, кг/л

14 Потери давления в вентиле отопительных приборов суммируются с потерями давления в трубопроводной сети, (например, в отводах и коленах) и учитываются в общих потерях давления во всем отопительном контуре. Гидравлические сопротивления в отопительном контуре формируют, в зависимости от весового потока, потери давления в отопительном контуре, которые компенсируются правильно подобранным насосом с требуемым весовым расходом.





Однотрубная система



Номограмма значений k_v для однотрубной системы

Настройки байпаса

| Узлы подключения ¹⁾ | Количество поворотов байпаса при расходе через отопительный прибор в % | | | | |
|--------------------------------|--|-------|-------|-------|-----|
| | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| Арт. N: 80262 160 DgF | 2 1/2 | 2 | 1 3/4 | 1 1/2 | 1 |
| Арт. N: 80262 162 EckF | 1 3/4 | 1 1/2 | 1 1/4 | 1 | 3/4 |

¹⁾ Полностью завернуть вправо, затем отворачивать влево в соответствии с таблицей.





| Проектные данные | | Заданные значения | |
|------------------|--|---|------|
| Дата: | | Номер отопительного контура: | |
| Проект: | | Перепад температур: $\Delta\vartheta_K$ | = K |
| Разработал: | | Температура воды в подающей линии: ϑ_{VK} | = °C |

| Параметры | Единица измерения | Формула | Помещение | | | | | | |
|--|-------------------|---|----------------------|---|---|---|---|---|--|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 1 Расчетная тепловая нагрузка отопительного контура \dot{Q}_{NK} | Вт | DIN 4701 | | | | | | | |
| Расчетная теплопотребность \dot{Q}_N | Вт | DIN 4701 | | | | | | | |
| 2 Весовой расход воды \dot{m}_K | кг/ч | $\dot{m}_K = \frac{\dot{Q}_{NK}}{\Delta\vartheta_K \cdot c_p}$ | | | | | | | |
| | | | Отопительные приборы | | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 3 Тепловая мощность \dot{Q}_{HK} | Вт | / | | | | | | | |
| 4 Тепловая мощность \dot{Q}_i | Вт | / | | | | | | | |
| 5 Доля потока воды x | % | / | | | | | | | |
| 6 Весовой расход воды \dot{m}_{HK} | кг/ч | $\dot{m}_{HK} = \frac{\dot{m}_K \cdot x}{100\%}$ | | | | | | | |
| 7 Температура подающей линии ϑ_{VHK} | °C | $\vartheta_{VHK} = \vartheta_{VK} - \frac{\dot{Q}_i}{\dot{m}_K \cdot c_p}$ | | | | | | | |
| 8 Температура обратной линии ϑ_{RHK} | °C | $\vartheta_{RHK} = \vartheta_{VHK} - \frac{\dot{Q}_{HK}}{\dot{m}_{HK} \cdot c_p}$ | | | | | | | |
| 9 Основная температура воздуха ϑ_L | °C | / | | | | | | | |
| 10 Превышение температуры теплоносителя $\Delta\vartheta$ | °C | $\Delta\vartheta = \frac{\vartheta_{VHK} + \vartheta_{RHK}}{2} - \vartheta_L$ | | | | | | | |
| 11 Коэффициент пересчета F | / | $F = \left(\frac{50}{\Delta\vartheta}\right)^n$ | | | | | | | |
| 12 Расчетная тепловая мощность \dot{Q}_n | Вт | $\dot{Q}_n = \dot{Q}_{HK} \cdot F$ | | | | | | | |
| 13 Потери давления на вентиле Δp_{VHK} | мбар | / | | | | | | | |
| 14 Общие потери давления Δp_{Vges} | мбар | / | | | | | | | |

| | |
|----------------|--|
| c_p | Удельная теплоемкость воды $c_p = 1,163$ Вт·ч/кг·K |
| F | Коэффициент пересчета |
| \dot{m} | Расход воды, кг/ч |
| \dot{m}_{HK} | Расход воды через отопительный прибор, кг/ч |
| \dot{m}_K | Расход воды в отопительном контуре, кг/ч |
| n | Экспонент отопительного прибора |
| \dot{Q}_{HK} | Тепловая мощность отопительного прибора, Вт |
| \dot{Q}_i | Общая тепловая мощность отопительных приборов, установленных перед рассматриваемым радиатором i , Вт |

| | |
|---------------------|--|
| \dot{Q}_n | Расчетная тепловая мощность, Вт |
| \dot{Q}_N | Расчетная теплопотребность, Вт |
| \dot{Q}_{NK} | Расчетная тепловая нагрузка отопительного контура, Вт |
| x | Расход воды, проходящей через отопительный прибор, % |
| $\Delta\vartheta$ | Превышение температуры, K |
| $\Delta\vartheta_K$ | Перепад температур в отопительном контуре, K |
| Δp_{Vges} | Общие потери давления вентилей отопительных приборов, мбар |
| Δp_{VHK} | Потери давления на вентиле отопительного прибора, мбар |

| | |
|-------------------|--|
| ϑ_L | Температура воздуха, °C |
| ϑ_{RHK} | Температура обратной линии отопительного прибора, °C |
| ϑ_V | Температура подающей линии, °C |
| ϑ_{VHK} | Температура подающей линии отопительного прибора, °C |
| ϑ_{VK} | Температура подающей линии отопительного контура, °C |



Расчет отопительных приборов

Для учета различных воздействий, которые могут возникнуть в результате каких-либо отклонений, к расчетной теплотребности, определяемой по DIN 4701, часть 1 и часть 2, вводится коэффициент запаса 15 %.

Расчетная мощность вычисляется по формуле:

$$\dot{Q} = (1 + x) \cdot \dot{Q}_N$$

где:

- \dot{Q} расчетная тепловая мощность отопительного прибора в помещении
- \dot{Q}_N расчетная теплотребность помещения по DIN 4701, части 1 и 2, с учетом возможного повышения мощности для системы отопления, работающей в режиме с пониженной температурой
- x коэффициент запаса ($x = 0,15$ по DIN 4701, часть 3)

От этого коэффициента можно отказаться или его можно уменьшить, если котел имеет запас мощности, достаточный для временного повышения температуры теплоносителя выше расчетной на 15 %. На основе обусловленных системой факторов воздействия в низкотемпературных котлах целесообразна расчетная температура подающей линии 70 °С. Если выбрана отопительная установка с температурами в системе 70/55 °С, и устанавли-

вается низкотемпературный котел, который может дать максимальную температуру подающей линии 75 °С, то поставленное требование по повышению мощности почти выполняется.

Порядок действий

Расчетная тепловая мощность отопительных приборов по DIN EN 442 определяется следующими параметрами:

- Температурой подающей линии теплоносителя: $J_V = 75 \text{ °C}$
- Температурой обратной линии теплоносителя: $J_R = 65 \text{ °C}$
- Температурой в помещении: $J_L = 20 \text{ °C}$
- Средним превышением температуры: $DJ_n = 49,83 \text{ K}$

Для соответствующих моделей отопительных приборов мощность на один погонный метр или на одну секцию приведена в таблицах технических характеристик для нормальных температур 75/65/20 °С. Для других значений температур теплоносителя и воздуха в помещении тепловые мощности необходимо пересчитывать.

Учет коэффициентов пересчета состоит в том, что рассчитанная исходя из теплотребности \dot{Q}_N тепловая мощность отопительного прибора \dot{Q} умножается на коэффициент пересчета, взятого из приведенных далее таблиц. По уточненной таким образом тепловой мощности в таблицах технических характеристик подбирается отопительный прибор для температур 75/65/20 °С, в том числе и при другой температуре в помещении, т.к. она была уже

учтена при использовании коэффициента пересчета.

Пример

Тепловая мощность одного отопительного прибора должна составлять соответственно вычисленной теплотребности отапливаемого помещения $\dot{Q} = 1000 \text{ Вт}$. Установка рассчитана на максимальную температуру теплоносителя в подающей линии $J_V = 55 \text{ °C}$, в обратной линии $J_R = 45 \text{ °C}$ и температуру в помещении $J_L = 20 \text{ °C}$. Экспоненте $n = 1,3$ (для заранее известного типа отопительного прибора Logatrend VK-Profil, высота 600, тип 22) соответствует в приведенной далее таблице поправочный коэффициент $F = 1,96$. Скорректированное значение расчетной тепловой мощности \dot{Q}_n для выбора отопительного прибора равно:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_n &= \dot{Q} \times F \\ \dot{Q}_n &= 1000 \times 1,96 = 1960 \text{ W} \end{aligned}$$

где:

\dot{Q}_n расчетная тепловая мощность отопительного прибора для 75/65/20 °С

Для этой тепловой мощности $\dot{Q}_n = 1960 \text{ Вт}$ по таблице технических характеристик при температурах 75/65/20 °С определяется длина приведенного выше отопительного прибора, которая равна 1200 мм.

Указание

- 1 Все данные по мощности подразумевают верхнее подключение подающей линии и нижнее подключение обратной линии. При нижнем подключении подающей и обратной линий нужно учитывать снижение мощности максимум на 15 %. Кроме того, нужно учитывать уменьшение теплоотдачи при установке отопительного прибора в нише, при наличии декоративных панелей, металлического лакокрасочного покрытия и т.д.
- 2 Экспонент n берется из таблиц технических характеристик для соответствующего типа отопительного прибора. Он определяется при проведении независимых испытаний и регистрации отопительных приборов. Отсутствующие в таблицах промежуточные значения коэффициентов пересчета могут быть определены методом интерполяции только в случае незначительных отклонений от приведенных коэффициентов. Например, при 55/45 °С и 24 °С для $n = 1,30$ коэффициент пересчета $F = 2,37$, а для $n = 1,28$ коэффициент пересчета $F = 2,34$, тогда для $n = 1,29$ с достаточной точностью можно определить коэффициент $F = 0,5 (2,37 + 2,34) = 2,36$

- 3 Указанные далее коэффициенты пересчета рассчитаны по приведенным здесь формулам.
- 4 По этим формулам можно определить коэффициенты пересчета для температурных комбинаций, которые не указаны в таблицах.

$$\dot{Q} = \dot{Q}_n \cdot \left(\frac{\Delta\vartheta}{\Delta\vartheta_n} \right)^n$$

$$\Delta\vartheta = \frac{\vartheta_V - \vartheta_R}{\ln \left(\frac{\vartheta_V - \vartheta_L}{\vartheta_R - \vartheta_L} \right)}$$

$$\Delta\vartheta_n = \frac{\vartheta_{Vn} - \vartheta_{Rn}}{\ln \left(\frac{\vartheta_{Vn} - \vartheta_{Ln}}{\vartheta_{Rn} - \vartheta_{Ln}} \right)}$$

$$\Delta\vartheta_n = 49,83 \text{ K}$$

$$\dot{Q} = \dot{Q}_n \cdot \left[\frac{\frac{\vartheta_V - \vartheta_R}{\ln \left(\frac{\vartheta_V - \vartheta_L}{\vartheta_R - \vartheta_L} \right)}}{49,83} \right]^n$$



Коэффициенты пересчета F для расчетной тепловой мощности при 75/65/20 °С по DIN EN 442

Показатель экспоненты n = 1,18

| J _v | 90 | | | 75 | | | 70 | | | 65 | | | 60 | | | 55 | | | 50 | | | |
|----------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | |
| J _L | 30 | 2,25 | 1,76 | 1,41 | 2,77 | 2,12 | 1,66 | 3,00 | 2,27 | 1,77 | 3,28 | 2,46 | 1,89 | 3,62 | 2,68 | 2,03 | 4,05 | 2,94 | 2,21 | 4,61 | 3,28 | 2,42 |
| J _R | 35 | 1,77 | 1,48 | 1,24 | 2,15 | 1,77 | 1,45 | 2,32 | 1,89 | 1,54 | 2,52 | 2,03 | 1,64 | 2,76 | 2,21 | 1,76 | 3,06 | 2,42 | 1,91 | 3,45 | 2,68 | 2,08 |
| | 40 | 1,50 | 1,30 | 1,11 | 1,81 | 1,54 | 1,30 | 1,94 | 1,64 | 1,37 | 2,10 | 1,76 | 1,46 | 2,29 | 1,91 | 1,57 | 2,53 | 2,08 | 1,69 | 2,84 | 2,29 | 1,84 |
| | 45 | 1,32 | 1,17 | 1,02 | 1,58 | 1,37 | 1,18 | 1,69 | 1,46 | 1,25 | 1,83 | 1,57 | 1,33 | 1,99 | 1,69 | 1,42 | 2,19 | 1,84 | 1,53 | 2,44 | 2,02 | 1,66 |
| | 50 | 1,19 | 1,07 | 0,94 | 1,42 | 1,25 | 1,09 | 1,51 | 1,33 | 1,15 | 1,63 | 1,42 | 1,22 | 1,77 | 1,53 | 1,30 | 1,94 | 1,66 | 1,40 | | | |
| | 55 | 1,09 | 0,98 | 0,88 | 1,29 | 1,15 | 1,01 | 1,38 | 1,22 | 1,07 | 1,48 | 1,30 | 1,13 | 1,60 | 1,40 | 1,21 | | | | | | |
| | 60 | 1,01 | 0,92 | 0,82 | 1,19 | 1,07 | 0,95 | 1,27 | 1,13 | 1,00 | 1,36 | 1,21 | 1,06 | | | | | | | | | |
| | 65 | 0,94 | 0,86 | 0,78 | 1,10 | 1,00 | 0,89 | 1,18 | 1,06 | 0,94 | | | | | | | | | | | | |
| | 70 | 0,88 | 0,81 | 0,74 | 1,03 | 0,94 | 0,85 | | | | | | | | | | | | | | | |

Показатель экспоненты n = 1,20

| J _v | 90 | | | 75 | | | 70 | | | 65 | | | 60 | | | 55 | | | 50 | | | |
|----------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | |
| J _L | 30 | 2,29 | 1,78 | 1,42 | 2,82 | 2,14 | 1,67 | 3,06 | 2,30 | 1,78 | 3,35 | 2,49 | 1,91 | 3,70 | 2,72 | 2,06 | 4,15 | 3,00 | 2,24 | 4,73 | 3,35 | 2,45 |
| J _R | 35 | 1,79 | 1,49 | 1,24 | 2,18 | 1,78 | 1,46 | 2,35 | 1,91 | 1,55 | 2,56 | 2,06 | 1,66 | 2,81 | 2,24 | 1,78 | 3,12 | 2,45 | 1,93 | 3,53 | 2,72 | 2,10 |
| | 40 | 1,51 | 1,31 | 1,11 | 1,82 | 1,55 | 1,30 | 1,96 | 1,66 | 1,38 | 2,13 | 1,78 | 1,47 | 2,33 | 1,93 | 1,58 | 2,57 | 2,10 | 1,71 | 2,89 | 2,33 | 1,86 |
| | 45 | 1,33 | 1,17 | 1,02 | 1,59 | 1,38 | 1,18 | 1,71 | 1,47 | 1,25 | 1,85 | 1,58 | 1,34 | 2,01 | 1,71 | 1,43 | 2,22 | 1,86 | 1,54 | 2,48 | 2,05 | 1,67 |
| | 50 | 1,20 | 1,07 | 0,94 | 1,42 | 1,25 | 1,09 | 1,53 | 1,34 | 1,15 | 1,64 | 1,43 | 1,23 | 1,79 | 1,54 | 1,31 | 1,96 | 1,67 | 1,41 | | | |
| | 55 | 1,09 | 0,98 | 0,88 | 1,30 | 1,15 | 1,01 | 1,38 | 1,23 | 1,07 | 1,49 | 1,31 | 1,14 | 1,61 | 1,41 | 1,21 | | | | | | |
| | 60 | 1,01 | 0,92 | 0,82 | 1,19 | 1,07 | 0,95 | 1,27 | 1,14 | 1,00 | 1,37 | 1,21 | 1,06 | | | | | | | | | |
| | 65 | 0,94 | 0,86 | 0,77 | 1,11 | 1,00 | 0,89 | 1,18 | 1,06 | 0,94 | | | | | | | | | | | | |
| | 70 | 0,88 | 0,81 | 0,73 | 1,03 | 0,94 | 0,84 | | | | | | | | | | | | | | | |

Показатель экспоненты n = 1,22

| J _v | 90 | | | 75 | | | 70 | | | 65 | | | 60 | | | 55 | | | 50 | | | |
|----------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | |
| J _L | 30 | 2,32 | 1,80 | 1,42 | 2,87 | 2,17 | 1,69 | 3,11 | 2,34 | 1,80 | 3,41 | 2,53 | 1,93 | 3,78 | 2,77 | 2,08 | 4,25 | 3,05 | 2,27 | 4,86 | 3,42 | 2,49 |
| J _R | 35 | 1,81 | 1,50 | 1,25 | 2,20 | 1,80 | 1,47 | 2,38 | 1,93 | 1,56 | 2,60 | 2,08 | 1,67 | 2,86 | 2,27 | 1,80 | 3,18 | 2,49 | 1,95 | 3,60 | 2,77 | 2,13 |
| | 40 | 1,52 | 1,31 | 1,12 | 1,84 | 1,56 | 1,31 | 1,99 | 1,67 | 1,39 | 2,15 | 1,80 | 1,48 | 2,36 | 1,95 | 1,59 | 2,61 | 2,13 | 1,72 | 2,94 | 2,36 | 1,88 |
| | 45 | 1,34 | 1,17 | 1,02 | 1,61 | 1,39 | 1,19 | 1,72 | 1,48 | 1,26 | 1,87 | 1,59 | 1,34 | 2,04 | 1,72 | 1,44 | 2,25 | 1,88 | 1,55 | 2,51 | 2,07 | 1,69 |
| | 50 | 1,20 | 1,07 | 0,94 | 1,43 | 1,26 | 1,09 | 1,54 | 1,34 | 1,16 | 1,66 | 1,44 | 1,23 | 1,80 | 1,55 | 1,32 | 1,98 | 1,69 | 1,42 | | | |
| | 55 | 1,09 | 0,98 | 0,87 | 1,30 | 1,16 | 1,01 | 1,39 | 1,23 | 1,07 | 1,50 | 1,32 | 1,14 | 1,63 | 1,42 | 1,22 | | | | | | |
| | 60 | 1,01 | 0,91 | 0,82 | 1,19 | 1,07 | 0,95 | 1,28 | 1,14 | 1,00 | 1,37 | 1,22 | 1,06 | | | | | | | | | |
| | 65 | 0,94 | 0,86 | 0,77 | 1,11 | 1,00 | 0,89 | 1,18 | 1,06 | 0,94 | | | | | | | | | | | | |
| | 70 | 0,88 | 0,81 | 0,73 | 1,03 | 0,94 | 0,84 | | | | | | | | | | | | | | | |

Показатель экспоненты n = 1,24

| J _v | 90 | | | 75 | | | 70 | | | 65 | | | 60 | | | 55 | | | 50 | | | |
|----------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | |
| J _L | 30 | 2,35 | 1,81 | 1,43 | 2,92 | 2,20 | 1,70 | 3,17 | 2,37 | 1,82 | 3,48 | 2,57 | 1,95 | 3,87 | 2,81 | 2,11 | 4,35 | 3,11 | 2,30 | 4,99 | 3,49 | 2,53 |
| J _R | 35 | 1,82 | 1,51 | 1,25 | 2,23 | 1,82 | 1,48 | 2,42 | 1,95 | 1,57 | 2,64 | 2,11 | 1,68 | 2,91 | 2,30 | 1,81 | 3,24 | 2,53 | 1,97 | 3,68 | 2,81 | 2,16 |
| | 40 | 1,53 | 1,32 | 1,12 | 1,86 | 1,57 | 1,31 | 2,01 | 1,68 | 1,40 | 2,18 | 1,81 | 1,49 | 2,39 | 1,97 | 1,61 | 2,65 | 2,16 | 1,74 | 2,99 | 2,39 | 1,90 |
| | 45 | 1,34 | 1,18 | 1,02 | 1,62 | 1,40 | 1,19 | 1,74 | 1,49 | 1,26 | 1,88 | 1,61 | 1,35 | 2,06 | 1,74 | 1,45 | 2,28 | 1,90 | 1,56 | 2,55 | 2,10 | 1,70 |
| | 50 | 1,20 | 1,07 | 0,94 | 1,44 | 1,26 | 1,09 | 1,55 | 1,35 | 1,16 | 1,67 | 1,45 | 1,23 | 1,82 | 1,56 | 1,32 | 2,01 | 1,70 | 1,43 | | | |
| | 55 | 1,09 | 0,98 | 0,87 | 1,31 | 1,16 | 1,01 | 1,40 | 1,23 | 1,07 | 1,51 | 1,32 | 1,14 | 1,64 | 1,43 | 1,22 | | | | | | |
| | 60 | 1,01 | 0,91 | 0,82 | 1,20 | 1,07 | 0,95 | 1,28 | 1,14 | 1,00 | 1,38 | 1,22 | 1,06 | | | | | | | | | |
| | 65 | 0,94 | 0,85 | 0,77 | 1,11 | 1,00 | 0,89 | 1,19 | 1,06 | 0,94 | | | | | | | | | | | | |
| | 70 | 0,88 | 0,80 | 0,73 | 1,04 | 0,94 | 0,84 | | | | | | | | | | | | | | | |



Коэффициенты пересчета F для расчетной тепловой мощности при 75/65/20 °C по DIN EN 442

Показатель экспоненты n = 1,26

| J _v | 90 | | | 75 | | | 70 | | | 65 | | | 60 | | | 55 | | | 50 | | | | |
|----------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | J _L | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | |
| J _R | 30 | 2,38 | 1,83 | 1,44 | 2,97 | 2,23 | 1,72 | 3,23 | 2,40 | 1,83 | 3,55 | 2,61 | 1,97 | 3,95 | 2,86 | 2,13 | 4,46 | 3,17 | 2,33 | 5,12 | 3,56 | 2,56 | |
| | 35 | 1,84 | 1,52 | 1,26 | 2,26 | 1,83 | 1,49 | 2,45 | 1,97 | 1,58 | 2,68 | 2,13 | 1,70 | 2,96 | 2,33 | 1,83 | 3,30 | 2,56 | 1,99 | 3,75 | 2,86 | 2,18 | |
| | 40 | 1,54 | 1,32 | 1,12 | 1,88 | 1,58 | 1,32 | 2,03 | 1,70 | 1,40 | 2,21 | 1,83 | 1,50 | 2,43 | 1,99 | 1,62 | 2,70 | 2,18 | 1,75 | 3,04 | 2,43 | 1,92 | |
| | 45 | 1,35 | 1,18 | 1,02 | 1,63 | 1,40 | 1,19 | 1,76 | 1,50 | 1,27 | 1,90 | 1,62 | 1,36 | 2,08 | 1,75 | 1,46 | 2,31 | 1,92 | 1,57 | 2,59 | 2,12 | 1,72 | |
| | 50 | 1,21 | 1,07 | 0,94 | 1,45 | 1,27 | 1,09 | 1,56 | 1,36 | 1,16 | 1,69 | 1,46 | 1,24 | 1,84 | 1,57 | 1,33 | 2,03 | 1,72 | 1,43 | | | | |
| | 55 | 1,10 | 0,98 | 0,87 | 1,31 | 1,16 | 1,01 | 1,41 | 1,24 | 1,07 | 1,52 | 1,33 | 1,14 | 1,65 | 1,43 | 1,22 | | | | | | | |
| | 60 | 1,01 | 0,91 | 0,81 | 1,20 | 1,07 | 0,94 | 1,29 | 1,14 | 1,00 | 1,39 | 1,22 | 1,06 | | | | | | | | | | |
| | 70 | 0,88 | 0,80 | 0,72 | 1,04 | 0,94 | 0,84 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Показатель экспоненты n = 1,28

| J _v | 90 | | | 75 | | | 70 | | | 65 | | | 60 | | | 55 | | | 50 | | | | |
|----------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | J _L | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | |
| J _R | 30 | 2,42 | 1,85 | 1,45 | 3,02 | 2,26 | 1,73 | 3,29 | 2,44 | 1,85 | 3,63 | 2,65 | 1,99 | 4,04 | 2,91 | 2,16 | 4,56 | 3,23 | 2,36 | 5,25 | 3,63 | 2,60 | |
| | 35 | 1,86 | 1,53 | 1,26 | 2,29 | 1,85 | 1,49 | 2,49 | 1,99 | 1,60 | 2,72 | 2,16 | 1,71 | 3,01 | 2,36 | 1,85 | 3,37 | 2,60 | 2,01 | 3,83 | 2,91 | 2,21 | |
| | 40 | 1,56 | 1,33 | 1,12 | 1,90 | 1,60 | 1,33 | 2,05 | 1,71 | 1,41 | 2,24 | 1,85 | 1,51 | 2,46 | 2,01 | 1,63 | 2,74 | 2,21 | 1,77 | 3,10 | 2,46 | 1,94 | |
| | 45 | 1,36 | 1,18 | 1,02 | 1,64 | 1,41 | 1,20 | 1,77 | 1,51 | 1,27 | 1,92 | 1,63 | 1,36 | 2,11 | 1,77 | 1,46 | 2,34 | 1,94 | 1,59 | 2,63 | 2,15 | 1,73 | |
| | 50 | 1,21 | 1,07 | 0,94 | 1,46 | 1,27 | 1,10 | 1,57 | 1,36 | 1,16 | 1,70 | 1,46 | 1,24 | 1,86 | 1,59 | 1,33 | 2,05 | 1,73 | 1,44 | | | | |
| | 55 | 1,10 | 0,98 | 0,87 | 1,32 | 1,16 | 1,01 | 1,41 | 1,24 | 1,07 | 1,53 | 1,33 | 1,15 | 1,67 | 1,44 | 1,23 | | | | | | | |
| | 60 | 1,01 | 0,91 | 0,81 | 1,21 | 1,07 | 0,94 | 1,29 | 1,15 | 1,00 | 1,39 | 1,23 | 1,06 | | | | | | | | | | |
| | 70 | 0,87 | 0,80 | 0,72 | 1,04 | 0,94 | 0,83 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Показатель экспоненты n = 1,30

| J _v | 90 | | | 75 | | | 70 | | | 65 | | | 60 | | | 55 | | | 50 | | | | |
|----------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | J _L | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | |
| J _R | 30 | 2,45 | 1,87 | 1,46 | 3,07 | 2,28 | 1,75 | 3,36 | 2,47 | 1,87 | 3,70 | 2,69 | 2,02 | 4,13 | 2,96 | 2,19 | 4,67 | 3,29 | 2,39 | 5,39 | 3,70 | 2,64 | |
| | 35 | 1,88 | 1,54 | 1,26 | 2,32 | 1,87 | 1,50 | 2,52 | 2,02 | 1,61 | 2,76 | 2,19 | 1,73 | 3,06 | 2,39 | 1,87 | 3,43 | 2,64 | 2,03 | 3,92 | 2,96 | 2,24 | |
| | 40 | 1,57 | 1,33 | 1,13 | 1,92 | 1,61 | 1,33 | 2,08 | 1,73 | 1,42 | 2,27 | 1,87 | 1,52 | 2,50 | 2,03 | 1,64 | 2,78 | 2,24 | 1,78 | 3,15 | 2,50 | 1,96 | |
| | 45 | 1,36 | 1,19 | 1,02 | 1,66 | 1,42 | 1,20 | 1,79 | 1,52 | 1,28 | 1,94 | 1,64 | 1,37 | 2,13 | 1,78 | 1,47 | 2,37 | 1,96 | 1,60 | 2,67 | 2,17 | 1,75 | |
| | 50 | 1,21 | 1,07 | 0,93 | 1,47 | 1,28 | 1,10 | 1,58 | 1,37 | 1,17 | 1,71 | 1,47 | 1,25 | 1,87 | 1,60 | 1,34 | 2,07 | 1,75 | 1,45 | | | | |
| | 55 | 1,10 | 0,98 | 0,87 | 1,32 | 1,17 | 1,01 | 1,42 | 1,25 | 1,08 | 1,54 | 1,34 | 1,15 | 1,68 | 1,45 | 1,23 | | | | | | | |
| | 60 | 1,01 | 0,91 | 0,81 | 1,21 | 1,08 | 0,94 | 1,30 | 1,15 | 1,00 | 1,40 | 1,23 | 1,07 | | | | | | | | | | |
| | 70 | 0,87 | 0,80 | 0,72 | 1,04 | 0,94 | 0,83 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Показатель экспоненты n = 1,32

| J _v | 90 | | | 75 | | | 70 | | | 65 | | | 60 | | | 55 | | | 50 | | | | |
|----------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | J _L | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | 24 | 20 | 15 | |
| J _R | 30 | 2,48 | 1,88 | 1,47 | 3,12 | 2,31 | 1,76 | 3,42 | 2,51 | 1,89 | 3,78 | 2,73 | 2,04 | 4,22 | 3,01 | 2,21 | 4,78 | 3,35 | 2,42 | 5,53 | 3,78 | 2,68 | |
| | 35 | 1,90 | 1,55 | 1,27 | 2,35 | 1,89 | 1,51 | 2,56 | 2,04 | 1,62 | 2,81 | 2,21 | 1,74 | 3,11 | 2,42 | 1,88 | 3,50 | 2,68 | 2,06 | 4,00 | 3,01 | 2,27 | |
| | 40 | 1,58 | 1,34 | 1,13 | 1,94 | 1,62 | 1,34 | 2,10 | 1,74 | 1,43 | 2,29 | 1,88 | 1,53 | 2,53 | 2,06 | 1,65 | 2,83 | 2,27 | 1,80 | 3,21 | 2,53 | 1,98 | |
| | 45 | 1,37 | 1,19 | 1,02 | 1,67 | 1,43 | 1,20 | 1,80 | 1,53 | 1,28 | 1,96 | 1,65 | 1,37 | 2,16 | 1,80 | 1,48 | 2,40 | 1,98 | 1,61 | 2,71 | 2,20 | 1,76 | |
| | 50 | 1,22 | 1,07 | 0,93 | 1,48 | 1,28 | 1,10 | 1,59 | 1,37 | 1,17 | 1,73 | 1,48 | 1,25 | 1,89 | 1,61 | 1,35 | 2,10 | 1,76 | 1,46 | | | | |
| | 55 | 1,10 | 0,98 | 0,86 | 1,33 | 1,17 | 1,01 | 1,43 | 1,25 | 1,08 | 1,55 | 1,35 | 1,15 | 1,69 | 1,46 | 1,24 | | | | | | | |
| | 60 | 1,01 | 0,91 | 0,81 | 1,21 | 1,08 | 0,94 | 1,30 | 1,15 | 1,00 | 1,41 | 1,24 | 1,07 | | | | | | | | | | |
| | 70 | 0,87 | 0,79 | 0,71 | 1,04 | 0,93 | 0,83 | | | | | | | | | | | | | | | | |

